



УДК 539.143.539.183

С. А. Переверзев, Ю. М. Лукьянов, А. А. Шпилевой

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАДИОПЕРЕДАЧИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

*Разработана модель многоканальной системы передачи, реализующая обратную связь, путем введения дополнительного пакета импульсов, контролирующего прием информации корреспондирующей станцией.*

*The model of multichannel system of the transfer, realizing a feedback, by the introduction of an additional package of impulses supervising reception of the information by corresponding station is developed.*

108

**Ключевые слова:** многоканальная система, обратная связь, двойное кодирование каналов, пакеты импульсов.

**Key words:** multichannel system, feedback, double coding of channels, packages of impulse.

Прежде чем рассмотреть работу устройства, целесообразно обосновать модель логики многоканальной системы радиосвязи с временным разделением, двойным кодированием каналов и возможностью восстановления пораженного помехой временного участка, а также возврата одного из пакетов импульсов передающей станции. Для разработки модели такой системы введем следующие допущения:

— каждый из каналов потока содержит три пакета информационных импульсов на передаче и три пакета импульсов на приеме, разнесенных по времени;

— для повышения помехоустойчивости системы синхронизации при работе радиостанций первый информационный пакет импульсов в первом канале должен синхронизовать взаимодействующие станции;

— временное расстояние между пакетами импульсов соответствует номеру канала в миллисекундах, например для пятого канала  $\tau_{РАС}^5 = 5$  мс;

— первый, второй и третий пакеты импульсов на передаче в каждом канале являются информационными и для повышения их избирательности в каждом канале коррелированы по ширине, поэтому длительность соответствующих пакетов равна номеру канала в миллисекундах, например для пятого канала  $\tau_{ИНФ}^5 = 5$  мс;

— первый, второй и третий информационные пакеты импульсов из трех излучаемых в каждом канале несут одинаковую информацию, поэтому при сложении двух из них есть возможность устранить искажения информации случайной помехой;

— один из информационных пакетов импульсов должен быть возвращен корреспондирующей радиостанцией передающей радиостанции.

Принятые допущения позволяют построить логическую модель системы передачи. Пусть в системе поток различной длительности информационных пакетов импульсов  $\tau_{ИНФ}$  передается по принципу временного



разделения каналов [1]. При этом каждому каналу отводится 100 мс для передачи кодированных пакетов. Кодирование канала проводится по расстоянию между пакетами импульсов  $\tau_{РАС}^N$  и временному размеру трех пакетов импульсов  $\tau_{ИНФ}^N$ , которые также коррелированы и связаны с расстоянием между пакетами импульсов равенством  $\tau_{РАС}^N = \tau_{ИНФ}^N$  (рис. 1).

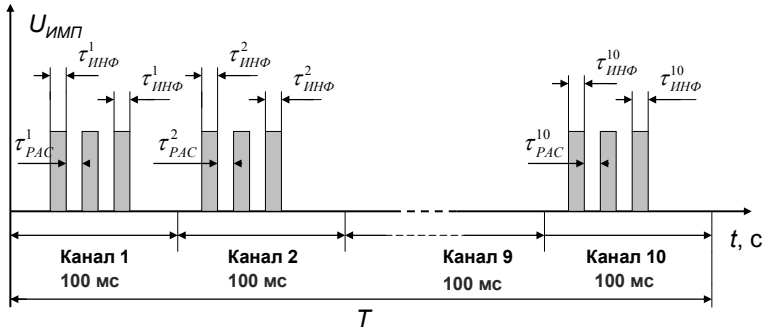


Рис. 1. Структура импульсных пакетов

Информационные пакеты импульсов имеют различную длительность в каждом канале. Обозначим их соответственно:  $\tau_{ИНФ}^1, \tau_{ИНФ}^2, \tau_{ИНФ}^3, \tau_{ИНФ}^4, \tau_{ИНФ}^5, \tau_{ИНФ}^6, \tau_{ИНФ}^7, \tau_{ИНФ}^8, \tau_{ИНФ}^9$  и  $\tau_{ИНФ}^{10}$ . При этом длительность каждого информационного пакета определяется по формуле  $\tau_{ИНФ}^N = N \cdot \tau_1$ , где  $N$  – номер канала;  $\tau_1 = \tau_{ТАКТ}$  – длительность тактового импульса, обоснованная для соответствующего канала или системы связи [2]. Длительность паузы  $\tau_{РАС}^N$  между информационными пакетами определится как  $\tau_{РАС}^N = \tau_{ИНФ}^N$ , то есть расстояние между информационными пакетами и импульсами коррелировано и равно:  $\tau_{РАС}^1 = \tau_{ИНФ}^1, \tau_{РАС}^2 = \tau_{ИНФ}^2, \tau_{РАС}^3 = \tau_{ИНФ}^3, \tau_{РАС}^4 = \tau_{ИНФ}^4, \tau_{РАС}^5 = \tau_{ИНФ}^5, \tau_{РАС}^6 = \tau_{ИНФ}^6, \tau_{РАС}^7 = \tau_{ИНФ}^7, \tau_{РАС}^8 = \tau_{ИНФ}^8, \tau_{РАС}^9 = \tau_{ИНФ}^9$  и  $\tau_{РАС}^{10} = \tau_{ИНФ}^{10}$ .

Предлагаемая логика позволяет системе работать десятью дуплексными телефонными каналами на одной частоте на одну антенну в режиме программной перестройки рабочей частоты радиостанции, а также способна восстановить частично пораженную информацию и направить данные для контроля на передающую радиостанцию. Временное распределение передающих и приемных информационных пакетов импульсов [3] представлено на физической модели (рис. 2).

Первый информационный пакет в приемной и передающей частях обозначен в виде  $1 \cdot T_{ИНФ}^N$ , второй –  $2 \cdot T_{ИНФ}^N$  и третий –  $3 \cdot T_{ИНФ}^N$ . Всего за период  $T^N = 100$  мс проходит шесть или три передающих и три приемных пакета в каждом из  $M$  канальных временных отрезков (рис. 1). Как показано на рисунке 2, передающие пакеты импульсов распределены во времени следующим образом:

$$1 \cdot T_{ИНФ}^N = N \cdot T / M - T / 2M + T_{ЗАЩ} + T_{ЗАД};$$

$$2 \cdot T_{\text{инф}}^N = N \cdot T / M - T / 2M + T_{\text{защ}} + T_{\text{зад}} + 2 \cdot \tau_{\text{инф}}^N ;$$

$$3 \cdot T_{\text{инф}}^N = N \cdot T / M - T / 2M + T_{\text{защ}} + T_{\text{зад}} + 4 \cdot \tau_{\text{инф}}^N ,$$

где  $T_{\text{зад}}$  — время в миллисекундах, установленное при организации связи,  $T_{\text{защ}}$  — время защитного интервала между режимами прием — передача (для сотовой связи с полосой 64 кГц  $T_{\text{защ}} = 8 \text{ бит}$ ); для разрабатываемой системы при использовании АИМ-II бит соответствует длительности элементарного импульса [4]. Потенциальные возможности системы составляют 100 бит/с в каждом из 10 дуплексных каналов.

110

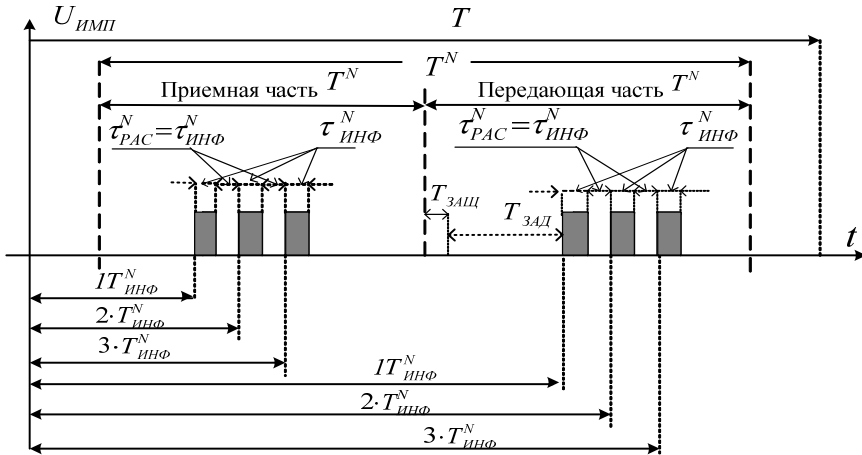


Рис. 2. Временное распределение передающих и приемных информационных пакетов импульсов

Расстановка приемных информационных пакетов импульсов  $1 \cdot T_{\text{инф}}^N$ ,  $2 \cdot T_{\text{инф}}^N$  и  $3 \cdot T_{\text{инф}}^N$  определится следующими выражениями:

$$1 \cdot T_{\text{инф}}^N = (N - 1) \cdot T / M + T_{\text{защ}} + T_{\text{зад}} ;$$

$$2 \cdot T_{\text{инф}}^N = (N - 1) \cdot T / M + T_{\text{защ}} + T_{\text{зад}} + 2 \cdot \tau_{\text{инф}}^N ;$$

$$3 \cdot T_{\text{инф}}^N = (N - 1) \cdot T / M + T_{\text{защ}} + T_{\text{зад}} + 4 \cdot \tau_{\text{инф}}^N .$$

Анализ данной модели показывает, что первый канал образован двумя информационными пакетами, включающими 50 импульсов на прием и 50 на передачу за период, равный 100 мс. Причем импульсы, образующие пакеты, имеют длительность по 20 мкс каждый. Во втором канале импульсы, образующие пакеты, характеризуются длительностью 40 мкс, в третьем канале — 60 мкс и т.д.; в десятом канале — 200 мкс. Следовательно, для обеспечения селекции каналов в данной модели введена избыточность и наибольшей пропускной способностью обладает первый канал. Введенная избыточность пакетов по длительности является определенным недостатком модели, что, впрочем, вполне оправдано для телефонных каналов. При использовании модели в каналах передачи данных недостаток можно устранить путем введения одинакового импульса длительностью 20 мкс во все пакеты. Как следствие — производительность каналов связи может быть увеличена. Например, в представленной модели при ее работе в дуплексном режиме десятого канала-



ми производительность радиостанции составляет 500 информационных импульсов на передачу и 500 — на прием, то есть 1000 информационных импульсов в секунду. Таким образом, каждый из десяти каналов обеспечивает 100 импульсов (или два пакета по 50 импульсов: 50 на прием и 50 на передачу). Если ввести одинаковый импульс длительностью 20 мкс во все пакеты, то производительность радиостанции увеличится. В первом канале останется по-прежнему 100 информационных импульсов; во втором — 200; в третьем — 300; в четвертом — 400; в пятом — 500; в шестом — 600; в седьмом — 700; в восьмом — 800; в девятом — 900; в десятом — 1000. В результате производительность радиостанции по переданным информационным импульсам составит 5500 импульсов в секунду. Это означает, что производительность УКВ-канала увеличится в 11 раз. При работе импульсами в 1 мкс производительность канала передачи данных достигнет 55000 импульсов в секунду.

Таким образом, предлагаемая модель логики способна обеспечить работу системы десятью дуплексными каналами на одной частоте на одну антенну в режиме программной перестройки рабочей частоты радиостанции, а также может восстанавливать частично пораженную информацию и возвращать информацию для контроля на передающую радиостанцию. С этой целью в логике работы модели введен третий информационный пакет импульсов, который не подлежит обработке в корреспондирующей радиостанции, а возвращается ею назад для контроля приема информации.

#### Список литературы

1. Быховский М. А. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. М., 2006.
2. Ратхор Т. С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника. М., 2007.
3. Бабков В. Ю., Вознюк М. А., Михайлов П. А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. СПб., 2008.
4. Быховский М. А., Ноздрин В. В. Экономический анализ эффективности использования радиочастотного спектра в сетях подвижной связи // Мобильные системы. 2008. №4.

#### Об авторах

Степан Александрович Переверзев — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: AShpilevoi@kantiana.ru

Юрий Михайлович Лукьянов — преп., Балтийский военно-морской институт им. Ф. Ушакова, Калининград.

E-mail: AShpilevoi@kantiana.ru

Андрей Алексеевич Шпилевой — канд. физ.-мат. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: AShpilevoi@kantiana.ru

#### About authors

Stepan Pereverzev — PhD student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: AShpilevoi@kantiana.ru

Jury Lukjanov — lecturer, BMMI, Kaliningrad.

E-mail: AShpilevoi@kantiana.ru

Andrey Shpilevoy — PhD, associate professor, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: AShpilevoi@kantiana.ru